



Synthesis of Organic-Inorganic Hybrid Materials Using Functional Nanoporous Materials

著者	蒲池 雄一郎
発行年	2016-09-23
その他のタイトル	機能性ナノ多孔体を用いた無機有機複合材料の合成
学位授与番号	17104甲工第424号
URL	http://hdl.handle.net/10228/5899

氏 名	蒲池 雄一郎
学位の種類	博 士（工学）
学位記番号	工博甲第424号
学位授与の日付	平成28年9月23日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Synthesis of Organic-Inorganic Hybrid Materials Using Functional Nanoporous Materials (機能性ナノ多孔体を用いた無機有機複合材料の合成)
論文審査委員	主 査 教 授 中戸 晃之 〃 清水 陽一 〃 横野 照尚 准教授 宮崎 敏樹（生命体工学研究科） 〃 宮元 展義（福岡工業大学）

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、nmレベルのミクロな孔をもつ無機化合物（ナノ多孔体）と有機高分子とを複合化させた新しい無機有機複合材料の創製に取り組んだものである。無機有機複合材料とは、無機物と有機物とを分子（nm）レベルで複合化させ、元の物質が単独では発現し得ない特異な機能を付与した材料で、世界的に研究が行われてきた。これらの研究では、有機物として高分子を用い、無機物を用いて材料の機械的強度を増大させる研究が多い。一方、無機ナノ多孔体は、そのミクロな孔を生かして、吸着剤などへの応用が様々に試みられてきた。しかし、無機ナノ多孔体と有機高分子とを組み合わせ、多孔体の機能を生かしながら有機高分子の機能も並立させたタイプの無機有機複合材料の研究はほとんど行われてこなかった。

本研究は、このような状況下で、無機ナノ多孔体としてプルシアンブルーやメソポーラスシリカを、有機高分子としてポリ-N-イソプロピルアクリルアミド（PNIPAm）ゲルやシリコーンゴムを用い、無機物のミクロな孔を生かして、孔の機能と有機高分子の機能を並列的に発現する材料や、孔によって有機高分子の機能を向上させた材料を、新たに開発したものである。

論文は5章からなる。

第1章では、序論として本研究テーマの背景や目的を解説している。無機ナノ多孔体の研究動向を簡潔に説明した後、特にPNIPAmゲルについて、本研究以前の無機物質（ナノ多孔体を含む）との複合化の試みを紹介し、既往研究がすべてPNIPAmの力学的性質の改善を指向していたことを示すことで、本研究のオリジナリティを明らかにし

ている。

第2章では、プルシアンブルーと PNIPAm ゲルとの複合材料を合成し、その機能を調べている。プルシアンブルーは、放射性同位体の存在するセシウムイオンの吸着剤として、最近俄に重要性を増している無機ナノ多孔体である。本研究では、これを有機高分子の PNIPAm と複合化させ、プルシアンブルーのセシウムイオンの吸着を検討した。PNIPAm と複合化された後のゲル中のプルシアンブルーの吸着容量には、粉末状態と比較して著しい低下は見られなかった。また、複合化によって、PNIPAm の圧縮強度が向上した、粉体であるプルシアンブルーがモノリス化されハンドリング性が向上した、などのユニークな特性も発現させている。

第3章では、メソポーラスシリカを用い、PNIPAm ゲルと複合化させた材料を合成している。メソポーラスシリカは、プルシアンブルーより大きな孔サイズを持つため、サイズの大きなゲスト分子を包接・放出することが可能となる。本研究では、合成した複合材料について、セシウムよりもサイズの大きいメチレンブルーの吸着を行わせたところ、PNIPAm との複合化によってメソポーラスシリカの吸着能が低下しないことを確認した。同時に、PNIPAm の圧縮強度も向上した。さらに、PNIPAm が示す体積相転移現象の影響を検討した。体積相転移を利用して PNIPAm を収縮させるとメチレンブルーの放出が制限されることがわかり、薬物徐放などへの応用の可能性を示す結果が得られた。

第4章では、メソポーラスシリカとシリコーンゴムとの複合化を検討している。その結果、メソポーラスシリカとの複合化によって、シリコーン単体よりも引張強度の大きい材料が得られた。また、シリコーンの高い熱膨張を抑制できることもわかった。メソポーラスシリカの熱膨張抑制効果は、孔をもたない通常のシリカと比較して大きく、これはメソポーラスシリカの孔がシリコーンの高分子鎖を部分的に包接することで、材料全体としての熱膨張を抑制するためだと結論された。

第5章では、本研究の結果を総括し、開発した材料系の将来展望を述べている。

学 位 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、機能性無機ナノ多孔体を有機高分子と複合化させたいくつかの無機有機複合材料を作成したものである。いずれの材料においても、無機ナノ多孔体の本来の機能を有機高分子の機能と重疊的に発揮させられる、あるいは無機物の孔の関与によって非多孔性の無機物を用いた場合とくらべて機械強度が大きく向上する、といった複合化の効果を見出している。これらは新規な成果であり、今後の無機有機複合材料開発に有用な指針を与えるものである。以上の成果は、3 報の原著論文および 2 報の総説（総説中で当該成果について言及・論評している）として発表されている。審査会および公聴会では、無機物の孔への吸着メカニズムや孔による有機高分子の機械強度向上の原理など

に関して種々の質問がなされたが、いずれも適切な回答がなされ、質問者の理解が得られた。

以上により、論文調査および最終試験の結果にもとづき、審査委員会で慎重に審査した結果、本論文は博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。